

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENTS

APPLICANT: Oliver HEID et al CONFIRMATION NO.: 6387
SERIAL NO.: 10/808,959 GROUP ART UNIT: 2862
FILED: March 25, 2004
TITLE: "TIME-VARIABLE MAGNETIC FIELDS GENERATOR FOR A
MAGNETIC RESONANCE"

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

S I R:

Applicants herewith submit a certified copy of German Application 10 2004 012 058.7, filed in the German Patent and Trademark Office on March 11, 2004, and a certified copy of German Application 103 13 229.5, filed in the German Patent and Trademark Office on March 25, 2003, on which Applicants base their claim for convention priority under 35 U.S.C. §119.

Submitted by,

Stefan H. Noll

(Reg. 28,982)

SCHIFF, HARDIN LLP
CUSTOMER NO. 26574
Patent Department
6600 Sears Tower
233 South Wacker Drive
Chicago, Illinois 60606
Telephone: 312/258-5790
Attorneys for Applicant.

BEST AVAILABLE COPY



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 13 229.5

Anmeldetag: 25. März 2003

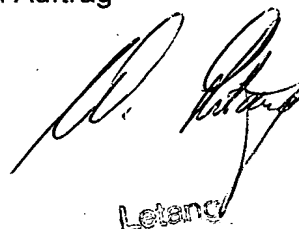
Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Erzeuger zeitvariabler Magnetfelder eines
Magnetresonanzgeräts und Magnetresonanzgerät
mit dem Erzeuger

IPC: G 01 R 33/422

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Letanc

Beschreibung

Erzeuger zeitvariabler Magnetfelder eines Magnetresonanzgeräts und Magnetresonanzgerät mit dem Erzeuger

5

Die Erfindung betrifft einen Erzeuger zeitvariabler Magnetfelder eines Magnetresonanzgeräts und ein Magnetresonanzgerät mit dem Erzeuger.

10

Die Magnetresonanztechnik ist eine bekannte Technik unter anderem zum Gewinnen von Bildern eines Körperinneren eines Untersuchungsobjekts. Dabei werden in einem Magnetresonanzgerät einem statischen Grundmagnetfeld, das von einem Grundfeldmagneten erzeugt wird, schnell geschaltete Gradientenfelder überlagert, die von einem Gradientenspulensystem erzeugt werden.

15

Ferner umfasst das Magnetresonanzgerät ein Hochfrequenzsystem, das zum Auslösen von Magnetresonanzsignalen Hochfrequenzsignale in das Untersuchungsobjekt einstrahlt und die ausgelösten Magnetresonanzsignale aufnimmt, auf deren

20

Basis Magnetresonanzbilder erstellt werden.

Zum Erzeugen von Gradientenfeldern sind in Gradientenspulen des Gradientenspulensystems entsprechende Ströme einzustellen. Dabei betragen die Amplituden der erforderlichen Ströme bis zu mehreren 100 A. Die Stromanstiegs- und -abfallraten betragen bis zu mehreren 100 kA/s. Da das Gradientenspulensystem ist in der Regel von elektrisch leitfähigen Strukturen umgeben ist, werden in diesen durch die geschalteten Gradientenfelder Wirbelströme induziert. Beispiele für derartige

30

leitfähige Strukturen sind der Vakuumbehälter und/oder die Kälteschilde eines supraleitenden Grundfeldmagneten. Die mit den Wirbelströmen einhergehenden Felder sind unerwünscht, weil sie die Gradientenfelder ohne gegensteuernde Maßnahmen schwächen und in ihrem zeitlichen Verlauf verzerren, was zur

35

Beeinträchtigung der Qualität von Magnetresonanzbildern führt.

Das Verzerren eines Gradientenfeldes infolge der Wirbelstromfelder kann bis zu einem gewissen Grad durch ein entsprechendes Vorverzerren einer das Gradientenfeld steuernden Größe kompensiert werden. Durch einen Einsatz eines aktiv geschirmten Gradientenspulensystems sind ferner die auf einer vorgegebenen Hüllfläche, die beispielsweise durch einen inneren Zylindermantel eines 80-K-Kälteschilds des supraleitenden Grundfeldmagneten verläuft, durch die bestromten Gradientenspulen induzierten Wirbelströme reduzierbar. Eine zur Gradientenspule zugehörige Gradientenschirmspule weist dabei in der Regel eine geringere Windungsanzahl als die Gradientenspule auf und ist mit der Gradientenspule derart verschaltet, dass die Gradientenschirmspule vom gleichen Strom wie die Gradientenspule, allerdings in entgegengesetzter Richtung durchflossen wird. Die Gradientenschirmspule wirkt dabei auf das Gradientenfeld im Abbildungsvolumen schwächend.

Aus der DE 44 14 371 A1 ist ein Magnetresonanzgerät bekannt, bei dem zwischen einer Hochfrequenzantenne und einem Gradientenspulensystem des Magnetresonanzgeräts ein Hochfrequenzschirm angeordnet ist, der so ausgebildet ist, dass er für die vom Gradientenspulensystem erzeugten elektromagnetischen Felder im Niederfrequenzbereich durchlässig und für die von der Hochfrequenzantenne erzeugten Felder im Hochfrequenzbereich undurchlässig ist. Dabei umfasst der Hochfrequenzschirm eine erste und dazu eine gegenüberliegend angeordnete zweite elektrisch leitfähige Schichtanordnung, die durch ein Dielektrikum voneinander getrennt sind, wobei die Schichtanordnungen nebeneinander angeordnete Leiterbahnen umfassen, die voneinander durch elektrisch isolierende Schlitzte getrennt sind, die Schlitzte in der ersten Schichtanordnung gegenüber denen in der zweiten versetzt angeordnet sind und in mindestens einer Schichtanordnung benachbarte Leiterbahnen über hochfrequente Ströme leitende, speziell angeordnete Brücken, umfassend beispielsweise Kondensatoren, miteinander verbunden sind.

Die Hochfrequenzantenne des Magnetresonanzgeräts ist beispielsweise als eine sogenannte Birdcageantenne ausgebildet. Dabei ist eine Birdcageantenne zum Erzeugen eines homogenen Hochfrequenzfeldes innerhalb eines von ihr umschlossenen Volumens in der Regel derart gestaltet, dass auf einem Zylindermantel zueinander parallel und gleich beabstandete Leiter angeordnet sind, die durch Endringe miteinander verbunden sind. Dabei erfolgt eine Abstimmung in Hoch- und Tiefpassfilterbereiche, indem Kapazitäten in jedem der Leiter oder in den Endringen zwischen den Leitern eingebracht sind, so dass bei Resonanz ein homogenes Hochfrequenzfeld resultiert. Ausführungsformen einer solchen Birdcageantenne finden sich beispielsweise in der US 4,680,548. Die Hochfrequenzantenne kann aber auch als eine sogenannte Arrayantenne ausgebildet sein. Dabei ist die Arrayantenne durch mehrere, im Wesentlichen gleichartige, sich gegenseitig überlappende Leiterschleifen gekennzeichnet. Ausführungsformen einer solchen Arrayantenne finden sich beispielsweise in der US 4,825,162.

Aus der DE 101 56 770 A1 ist ein Magnetresonanzgerät mit einem Gradientenspulensystem bekannt, bei dem eine elektrisch leitfähige Struktur derart angeordnet und ausgebildet ist, dass wenigstens innerhalb eines Abbildungsvolumens des Magnetresonanzgeräts ein von einem Gradientenfeld über Induktionseffekte hervorgerufenen Magnetfeld der Struktur dem Gradientenfeld ähnlich ist. Dabei ist in einer Ausführungsform wenigstens ein Teil der Struktur als ein Bestandteil eines Grundfeldmagneten fassmantelförmig ausgebildet. Dadurch ist unter anderem mit Vorteil das Gradientenspulensystem ohne Gradientenschirmspulen ausbildbar, da die an sich unerwünschten Folgen der geschalteten Gradientenfelder aufgrund der Ähnlichkeit des durch die Struktur hervorgerufenen Magnetfeldes durch eine Vorverzerrung nahezu vollständig beherrschbar sind, so dass keine Schwächung der Gradientenfelder aufgrund von Gradientenschirmspulen stattfindet.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, einen Erzeuger zeitvariabler Magnetfelder eines Magnetresonanzgeräts und ein Magnetresonanzgerät mit dem Erzeuger zu schaffen, bei dem ein Gerätevolumen, das einen vorgebbaren Raum zum Aufnehmen eines
5 Untersuchungsobjekts umgibt, möglichst kleindimensioniert gehalten werden kann.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Erzeugers durch den Gegenstand des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Magnetresonanzgeräts durch den Gegenstand des Anspruchs 12 gelöst.
10 Vorteilhaft Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Gemäß Anspruch 1 beinhaltet ein Erzeuger zeitvariabler Magnetfelder eines Magnetresonanzgeräts folgende Merkmale:

- Wenigstens eine Gradientenspule,
 - deren Leiter sich im Wesentlichen im Bereich eines Hohlzylinders erstrecken und
 - die hinsichtlich einer axialen Ausdehnung des Hohlzylinders in einem Mittenbereich frei von Leitern ausgebildet
20 ist,
- ein erster und ein zweiter Hochfrequenzschirm, wobei jeder der Hochfrequenzschirme die auf einer der beiden Seiten beiderseits des Mittenbereichs angeordneten Leiter umschließt, und
25
- eine Hochfrequenzantenne, die zwischen den beiden Hochfrequenzschirmen in dem Mittenbereich angeordnet ist.

Dadurch wird ein bei vergleichbaren konventionellen Lösungen
30 nicht für einen Rückfluss eines mit der Hochfrequenzantenne erzeugbaren Hochfrequenzfelds zur Verfügung stehender Bereich eines die Gradientenspule umfassenden Gradientenspulensystems erschlossen, so dass die Kombination von Gradientenspulensystem und Hochfrequenzantenne gegenüber den vergleichbaren
35 konventionellen Lösungen in einem ersten Fall bei gleichbleibendem Innendurchmesser mit einem kleineren Außendurchmesser oder im zweiten Fall bei gleichbleibendem Außendurchmesser

mit einem größeren Innendurchmesser ausbildbar ist. Dadurch ist im ersten Fall auch ein Grundfeldmagnet des Magnetresonanzgeräts kleiner dimensionierbar und damit wesentlich kostengünstiger. Beim zweiten Fall wird bei unverändertem
5 Grundfeldmagneten ein größerer Untersuchungsobjektaufnahmeraum erzielt, der unter anderem den Patientenkomfort erhöht.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend beschriebenen Ausführungs-
10 beispielen der Erfindung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

Figur 1 einen Längsschnitt durch ein Magnetresonanzgerät mit einem tunnelartigen Patientenaufnahmeraum gemäß dem Stand der Technik,
15

Figur 2 einen Längsschnitt durch ein Magnetresonanzgerät mit einem tunnelartigen Patientenaufnahmeraum und mit einem aktiv geschirmten Gradientenspulensystem mit integrierter Hochfrequenzantenne,
20

Figur 3 einen Längsschnitt durch ein Magnetresonanzgerät mit einem tunnelartigen Patientenaufnahmeraum, mit einem Grundfeldmagneten mit fassmantelartig ausgebauchter Höhlung und mit einem zwei Hälften aufweisenden, nicht aktiv geschirmten Gradientenspulensystem, zwischen dessen Hälften eine Hochfrequenzantenne angeordnet ist,
25

Figur 4 die Hochfrequenzantenne der Figuren 2 oder 3 in der Ausbildung als Birdcageantenne und
30

Figur 5 die Hochfrequenzantenne der Figuren 2 oder 3 in der Ausbildung als Arrayantenne.

Die Figur 1 zeigt einen prinzipiellen Längsschnitt durch eine obere Hälfte eines Magnetresonanzgeräts mit einem tunnelförmigen Patientenaufnahmeraum gemäß dem Stand der Technik, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich die
35

Schnittflächen dargestellt sind. Das Magnetresonanzgerät umfasst dabei einen im Wesentlichen hohlzylinderförmigen Grundfeldmagneten 110, der zum Erzeugen eines im Patientenaufnahmeraum möglichst homogenen statischen Grundmagnetfelds 5 supraleitende Primärspulen 114 und den Primärspulen 114 zugeordnete, ebenfalls supraleitende Schirmspulen 115 umfasst.

In der Höhlung des Grundfeldmagneten 110 ist ein ebenfalls im 10 Wesentlichen hohlzylinderförmiges Gradientenspulensystem 120 zum Erzeugen von schnell schaltbaren Gradientenfeldern angeordnet. Dabei umfasst das Gradientenspulensystem 120 von innen nach außen folgende Elemente, die in zueinander konzentrisch angeordneten, im Wesentlichen hohlzylinderförmigen 15 Teilbereichen des Gradientenspulensystems 120 angeordnet sind: Eine erste transversale Gradientenspule 121, umfassend vier sattelförmige Teilspulen zum Erzeugen eines ersten transversalen Gradientenfelds mit einem Gradienten in einer Richtung senkrecht zur Hohlzylinderhauptachse 150. Eine 20 zweite transversale Gradientenspule 122, ebenfalls umfassend vier sattelförmige Teilspulen zum Erzeugen eines zweiten transversalen Gradientenfelds mit einem Gradienten senkrecht zu dem der ersten transversalen Gradientenspule 121, und senkrecht zur Hohlzylinderhauptachse 150. Eine nicht dargestellte 25 Kühleinrichtung zum Kühlen der Gradientenspulen 121, 122 und 123. Eine longitudinale Gradientenspule 123, umfassend zwei Solenoid-Teilspulen zum Erzeugen eines longitudinalen Gradientenfelds mit einem Gradienten in Richtung der Hohlzylinderhauptachse 150. Eine weitere Kühleinrichtung in 30 Verbindung mit einer Shimeinrichtung, die ebenfalls nicht dargestellt sind. Eine der longitudinalen Gradientenspule 123 zugeordnete longitudinale Gradientenschirmspule 127. Eine der ersten transversalen Gradientenspule 121 zugeordnete erste transversale Gradientenschirmspule 125 und eine der zweiten 35 transversalen Gradientenspule 122 zugeordnete zweite transversale Gradientenschirmspule 126.

Da die Leiterstrukturen des Gradientenspulensystems 120 für viele Wellenlängen der Hochfrequenz vergleichsweise groß und stark verlustbehaftet sind, ist zwischen dem Gradientenspulensystem 120 und einer Hochfrequenzantenne 140 ein im Wesentlichen hohlzylinderförmiger Hochfrequenzschirm 130 angeordnet, der derart ausgebildet ist, dass er die vom Gradientenspulensystem 120 erzeugten Gradientenfelder in einem Niederfrequenzbereich durchlässt, und für die von der Hochfrequenzantenne 140 erzeugten Signale im Hochfrequenzbereich undurchlässig ist.

In der Höhlung des Hochfrequenzschirms 130 ist die Hochfrequenzantenne 140, beispielsweise in der Ausbildung als eine Birdcageantenne angeordnet. Mit der Hochfrequenzantenne 140 ist im Patientenaufnahmeraum ein Hochfrequenzfeld erzeugbar, wobei exemplarische Feldlinien 149 des Hochfrequenzfelds im Bereich des Patientenaufnahmeraums mit dem Symbol \odot gekennzeichnet sind. Dabei kennzeichnet das Symbol \odot eine an dieser Stelle aus der Zeichenebene austretend gezählte Feldlinie 149. Die eigentliche Hochfrequenzantenne 140 ist zu dem Hochfrequenzschirm 130 beispielsweise um etwa 3 cm beabstandet. Dabei bedingen diese 3 cm bei einer vorgegebenen Größe des Patientenaufnahmeraums, bezogen auf einen die 3 cm nicht berücksichtigenden Grundfeldmagneten einen um etwa 10% größer dimensionierten Grundfeldmagneten 110, was mit erheblichen Kosten verbunden ist. Diese Beabstandung ermöglicht eine Flussrückführung des von der Hochfrequenzantenne 140 erzeugten Hochfrequenzfelds, also ein Schließen der Feldlinien 149, wobei im Bereich zwischen der Hochfrequenzantenne 140 und dem Hochfrequenzschirm 130 die Feldlinien 149 mit dem Symbol \otimes dargestellt sind. Dabei kennzeichnet das Symbol \otimes eine an dieser Stelle in die Zeichenebene eintretend gezählte Feldlinie 149. Die Dicke dieses für die Flussrückführung zur Verfügung stehenden Raums darf nicht zu klein gewählt werden, da ansonsten die gegenläufigen Anteile der Feldlinien 149 sehr nahe beieinander lägen, ein zu großer Anteil der Feldenergie

im Rückfluss gespeichert wäre und der Füllfaktor und die Effizienz der Hochfrequenzantenne 140 stark abnehmen würden.

In der Figur 1 ist des Weiteren exemplarisch eine Feldlinie
5 119 des Grundmagnetfelds dargestellt, die sich im Bereich des Grundfeldmagneten 110 schließt, und es sind exemplarische Feldlinien 129 des zweiten transversalen Gradientenfelds dargestellt, die sich im Bereich des Gradientenspulensystems 120 schließen. Dabei gilt für alle im Patientenaufnahmeraum
10 applizierten Magnetfelder, dass sie sich außerhalb des Patientenaufnahmeraums schließen müssen.

Die Figur 2 zeigt als ein Ausführungsbeispiel der Erfindung einen prinzipiellen Längsschnitt durch eine obere Hälfte
15 eines Magnetresonanzgeräts mit einem im Wesentlichen tunnelartigen Patientenaufnahmeraum, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit wiederum lediglich die Schnittflächen dargestellt sind. Zum Erzeugen eines im Patientenaufnahmeraum des Magnetresonanzgeräts im Wesentlichen homogenen statischen
20 Grundmagnetfelds umfasst das Magnetresonanzgerät einen Grundfeldmagneten 210 mit supraleitenden Primärspulen 214 und den Primärspulen 214 zugeordnete, ebenfalls supraleitende Schirmspulen 215. Des Weiteren umfasst das Magnetresonanzgerät zum Erzeugen von schnell schaltbaren Gradientenfeldern
25 ein im Wesentlichen hohlzylinderförmiges Gradientenspulensystem 220 mit einer ersten transversalen Gradientenspule 221, einer zweiten transversalen Gradientenspule 222, einer longitudinalen Gradientenspule 223 und den Gradientenspulen 221, 222 und 223 zugeordnete Gradientenschirmspulen 225, 226 und
30 227. Dabei sind die Leiteranordnungen der Gradientenspulen 221, 222 und 223 derart ausgebildet, dass ein Mittenbereich des Gradientenspulensystems 220 frei von Leitern der Gradientenspulen 221, 222 und 223 entsteht, in welchem eine Hochfrequenzantenne 240 des Magnetresonanzgeräts angeordnet ist.

35

Die im Wesentlichen zwei solenoidartig ausgebildete Teilspulen umfassende longitudinale Gradientenprimärspule 223 weist

von Hause aus ein Minimum in ihrer Stromdichte im besagten Mittenbereich auf, so dass deren Ausbildung frei von Leitern in diesem Mittenbereich unproblematisch ist. Die im Wesentlichen vier sattelförmigen Teilspulen umfassenden transversalen Gradientenspulen 221 und 222 tragen im Allgemeinen im besagten Mittenbereich einen Strom in Umfangsrichtung. Da es aber insbesondere bei transversalen Gradientenspulen mit vergleichsweise geringer longitudinaler Ausdehnung zur Erzielung möglichst linearer Gradientenfelder notwendig ist, den Strom im besagten Mittenbereich derart auseinander zu ziehen, dass sich dort ein Minimum oder sogar eine schwach ausgeprägte, umgekehrte Stromdichte ergibt, kann diese beim Design explizit zu Null gesetzt werden, so dass man den Mittenbereich frei von Leitern erhält. Bei einer longitudinalen Ausdehnung des Gradientenspulensystems 220 von in etwa kleiner dem Eineinhalbfache seines Durchmessers kann besagter Mittenbereich beispielsweise eine longitudinale Ausdehnung von 12 cm aufweisen.

Die zu beiden Seiten des Mittenbereichs angeordneten Leiter der Gradientenspulen 221, 222 und 223 sind auf jeder der beiden Seiten von jeweils einem dünnen metallischen Hochfrequenzschirm 231 und 232 eingehüllt. Dabei vermögen die Hochfrequenzschirme 231 und 232 einen Hochfrequenzstrom zu tragen und sparen den leiterfreien Mittenbereich aus. Die beiden Hochfrequenzschirme 231 und 232 sind in bekannter Weise mit kapazitiv überbrückten Schlitten versehen, um die durch die zeitveränderlichen Gradientenfelder induzierten Wirbelströme in dem Hochfrequenzschirm 231 und 232 klein zu halten.

Die im Mittenbereich angeordnete, kurze Hochfrequenzantenne 240 liegt auf einem Zylinderradius, der nicht kleiner als der Innenradius des Gradientenspulensystems 220 ist. Damit nimmt die Hochfrequenzantenne 240 gegenüber konventionellen Lösungen keinen Raum innerhalb des Patientenaufnahmeraums weg. Die Feldlinien 249 des mit der Hochfrequenzantenne 240 erzeugbaren Hochfrequenzfelds schließen sich innerhalb des Gradienten-

tenspulensystems 220 in einem Raum außerhalb der Gradientenspulen 221, 222 und 223, in dem auch ein Rückfluss der Gradientenfelder erfolgt. Es werden also wenigstens Teile des Gradientenspulensystems 220 für den Rückfluss des Hochfrequenzfelds genutzt. Die Hochfrequenzschirme 231 und 232 können dabei einen Teil des Strompfads der Hochfrequenzantenne 240 bilden. Eine äußere Begrenzung des Rückflusses des Hochfrequenzfelds erfolgt erst auf dem den Gradientenschirmpulen 225, 226 und 227 zugeordneten Hochfrequenzschirm 233. Die zur Darstellung der Feldlinien 249 verwendeten Symbole \odot und \otimes sind bei der Figur 1 erläutert. Das zu den Feldlinien 119 und 129 bei der Figur 1 Beschriebene gilt für die Feldlinie 219 des Grundmagnetfelds und die Feldlinien 229 des zweiten transversalen Gradientenfelds der Figur 2 entsprechend.

Die Figur 3 zeigt als ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung einen prinzipiellen Längsschnitt durch eine obere Hälfte eines Magnetresonanzgeräts mit einem im Wesentlichen tunnelartigen Patientenaufnahmeraum, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit wiederum nur die Schnittflächen dargestellt sind. Das Magnetresonanzgerät umfasst dabei einen im Wesentlichen hohlzylinderförmigen Grundfeldmagneten 310 mit supraleitenden Primär- und Schirmpulen 314 und 315, wobei ein elektrisch leitender Vakuumbehälter 312 des Grundfeldmagneten 310 zum Umsetzen des Konzeptes der eingangs erwähnten DE 101 56 770 A1 im Bereich der Höhlung fassmantelartig ausgebaucht ist.

In der Höhlung ist ein zwei von einander getrennte hohlzylinderförmige Hälften umfassendes Gradientenspulensystem 320 angeordnet. Dabei umfasst das Gradientenspulensystem 320 von innen nach außen eine longitudinale Gradientenspule 323, eine erste transversale Gradientenspule 321 und eine zweite transversale Gradientenspule 322. Dabei sind die Teilspulen der Gradientenspulen 321, 322 und 323 je Hälfte vollständig von den Hochfrequenzschirmen 331 und 332 umschlossen. Zwischen

den Hälften des Gradientenspulensystems 320 ist eine Hochfrequenzantenne 340 befestigt. Dabei steht den Feldlinien 349 des mit der Hochfrequenzantenne 340 erzeugbaren Hochfrequenzfelds zum Schließen ein ausreichend großer Raum zwischen dem
5 Gradientenspulensystem 320 und dem Vakuumbehälter 312 zur Verfügung. Die zur Darstellung der Feldlinien 349 verwendeten Symbole \odot und \otimes sind bei der Figur 1 erläutert. Das zu den Feldlinien 119 und 129 bei der Figur 1 Beschriebene gilt für die Feldlinie 319 des Grundmagnetfelds und die Feldlinien 329
10 des zweiten transversalen Gradientenfelds der Figur 3 entsprechend.

Die Figur 4 zeigt als ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer perspektivischen Ansicht eine zwischen den
15 Hochfrequenzschirmen 231 und 232 oder 331 und 332 angeordnete Hochfrequenzantenne 240 oder 340 in der Ausbildung als Birdcageantenne und die Figur 5 als ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung ebenfalls in perspektivischer Ansicht eine zwischen den Hochfrequenzschirmen 231 und 232 oder 331
20 und 332 angeordnete Hochfrequenzantenne 240 oder 340 in der Ausbildung als Arrayantenne.

Patentansprüche

1. Erzeuger zeitvariabler Magnetfelder eines Magnetresonanzgeräts, beinhaltend folgende Merkmale:

- 5 - Wenigstens eine Gradientenspule,
- deren Leiter sich im Wesentlichen im Bereich eines Hohlzylinders erstrecken und
- die hinsichtlich einer axialen Ausdehnung des Hohlzylinders in einem Mittenbereich frei von Leitern ausgebildet
10 ist,
- ein erster und ein zweiter Hochfrequenzschirm, wobei jeder der Hochfrequenzschirme die auf einer der beiden Seiten beiderseits des Mittenbereichs angeordneten Leiter umschließt, und
15 - eine Hochfrequenzantenne, die zwischen den beiden Hochfrequenzschirmen in dem Mittenbereich angeordnet ist.

2. Erzeuger nach Anspruch 1, wobei der Mittenbereich einen im Wesentlichen hohlzylinderförmigen Bereich umfasst.

20

3. Erzeuger nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei sich die Hochfrequenzantenne innerhalb des Hohlzylinders erstreckt.

25

4. Erzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Hochfrequenzantenne als eine Birdcageantenne ausgebildet ist.

5. Erzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Hochfrequenzantenne als eine Arrayantenne ausgebildet ist.

30

6. Erzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei wenigstens einer der Hochfrequenzschirme derart gestaltet ist, dass er für ein mit der Gradientenspule erzeugbares Gradientenfeld im Wesentlichen durchlässig und für ein mit der Hochfrequenzantenne erzeugbares Hochfrequenzfeld im Wesentlichen undurchlässig ist.
35

7. Erzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Gradientenspule eine Gradientenschirmspule zugeordnet ist.

8. Erzeuger nach Anspruch 7, wobei die Gradientenschirmspule nach außen hin zur Gradientenspule radial beabstandet ist.

9. Erzeuger nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei zwischen der Gradientenschirmspule und der Gradientenspule ein weiterer Hochfrequenzschirm angeordnet ist.

10. Erzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei wenigstens die Gradientenspule und die Hochfrequenzantenne eine bauliche Einheit bildend gestaltet sind.

11. Erzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei ein wenigstens die Gradientenspule beinhaltendes Gradientenspulensystem wenigstens zwei Hälften aufweist, zwischen denen die Hochfrequenzantenne angeordnet ist.

12. Magnetresonanzgerät mit einem Erzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

13. Magnetresonanzgerät nach Anspruch 12, wobei das Magnetresonanzgerät eine elektrisch leitfähige Struktur umfasst,

- die die Gradientenspule wenigstens teilweise umgibt und
- die ausgelöst durch eine Stromänderung in der Gradientenspule ein Wirbelstromfeld erzeugt, wobei wenigstens ein Anteil des Wirbelstromfelds hinsichtlich wenigstens einem nichtlinearen Anteil eines mit der Gradientenspule erzeugbaren Gradientenfelds innerhalb eines Abbildungsvolumens des Magnetresonanzgeräts kompensierend wirkt.

14. Magnetresonanzgerät nach Anspruch 13, wobei die Gradientenspule und die Struktur derart aufeinander abgestimmt gestaltet sind, dass das Wirbelstromfeld innerhalb des Abbildungsvolumens dem Gradientenfeld ähnlich ist.

15. Magnetresonanzgerät nach einem der Ansprüche 13 oder 14, wobei das Magnetresonanzgerät einen Grundfeldmagneten umfasst und wenigstens ein Teil des Grundfeldmagneten als wenigstens ein Teil der Struktur ausgebildet ist.

5

16. Magnetresonanzgerät nach Anspruch 15, wobei der Grundfeldmagnet ein supraleitender Grundfeldmagnet ist, dessen Vakuumbehälter als die Struktur ausgebildet ist.

10 17. Magnetresonanzgerät nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei die Struktur in etwa fassmantelförmig ausgebildet ist.

15

Zusammenfassung

Erzeuger zeitvariabler Magnetfelder eines Magnetresonanzgeräts und Magnetresonanzgerät mit dem Erzeuger

5

Ein Erzeuger zeitvariabler Magnetfelder eines Magnetresonanzgeräts beinhaltet folgende Merkmale:

- Wenigstens eine Gradientenspule,
 - deren Leiter sich im Wesentlichen im Bereich eines Hohlzylinders erstrecken und
 - die hinsichtlich einer axialen Ausdehnung des Hohlzylinders in einem Mittenbereich frei von Leitern ausgebildet ist,
 - ein erster und ein zweiter Hochfrequenzschirm, wobei jeder der Hochfrequenzschirme die auf einer der beiden Seiten beiderseits des Mittenbereichs angeordneten Leiter umschließt, und
 - eine Hochfrequenzantenne, die zwischen den beiden Hochfrequenzschirmen in dem Mittenbereich angeordnet ist; und
- 20 ein Magnetresonanzgerät mit dem Erzeuger.

Figur 2

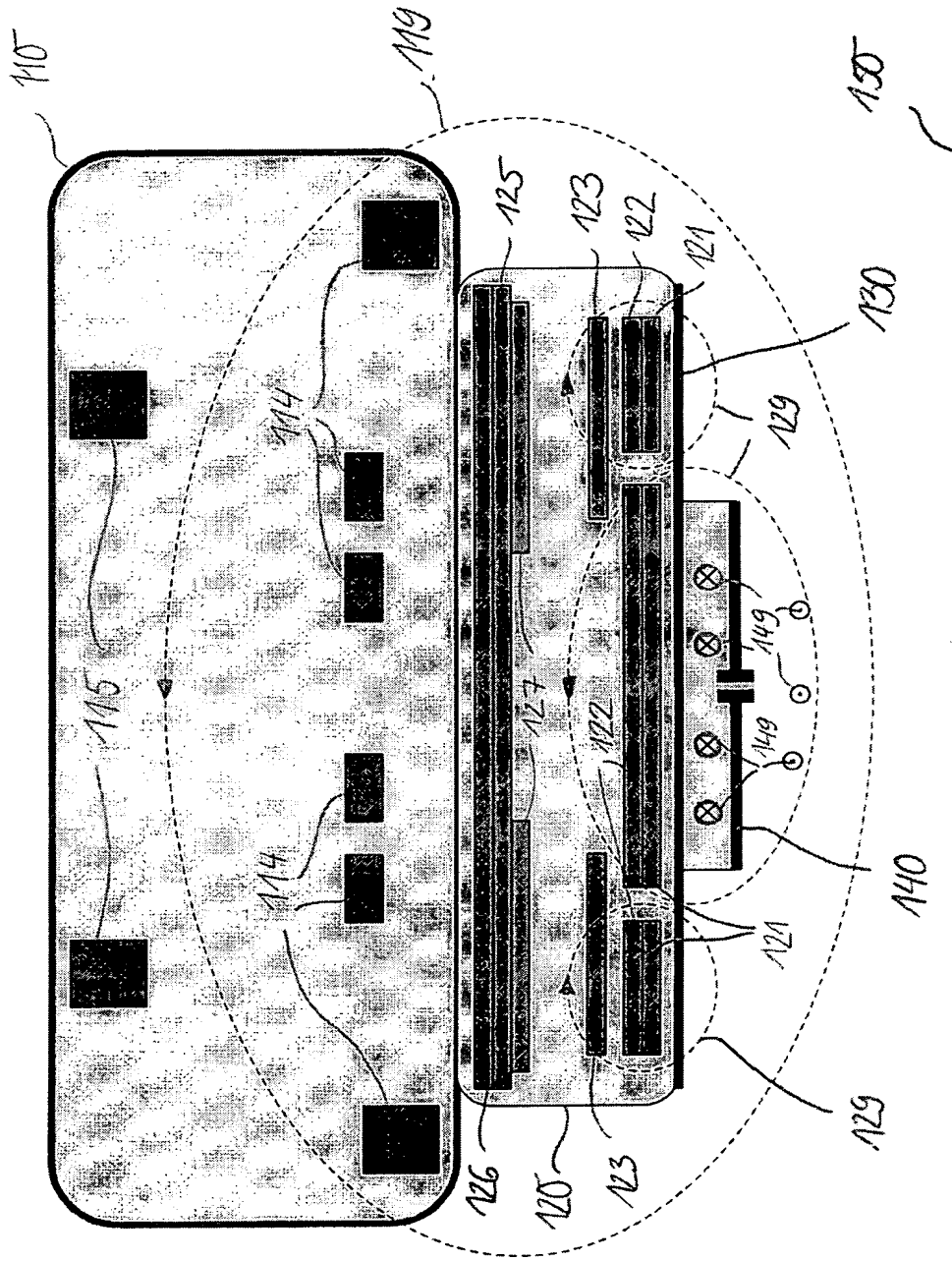


FIG 1 (Stand der Technik)

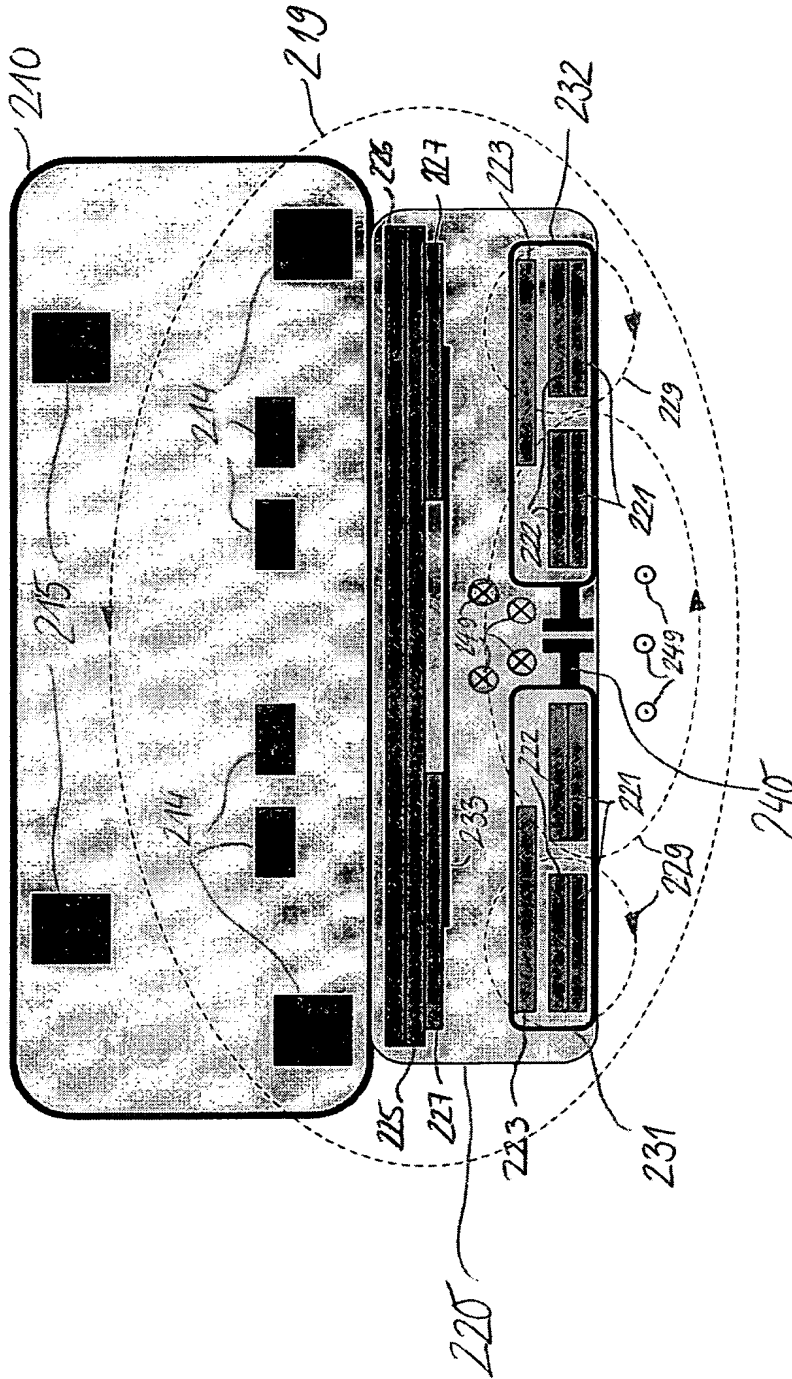


FIG 2

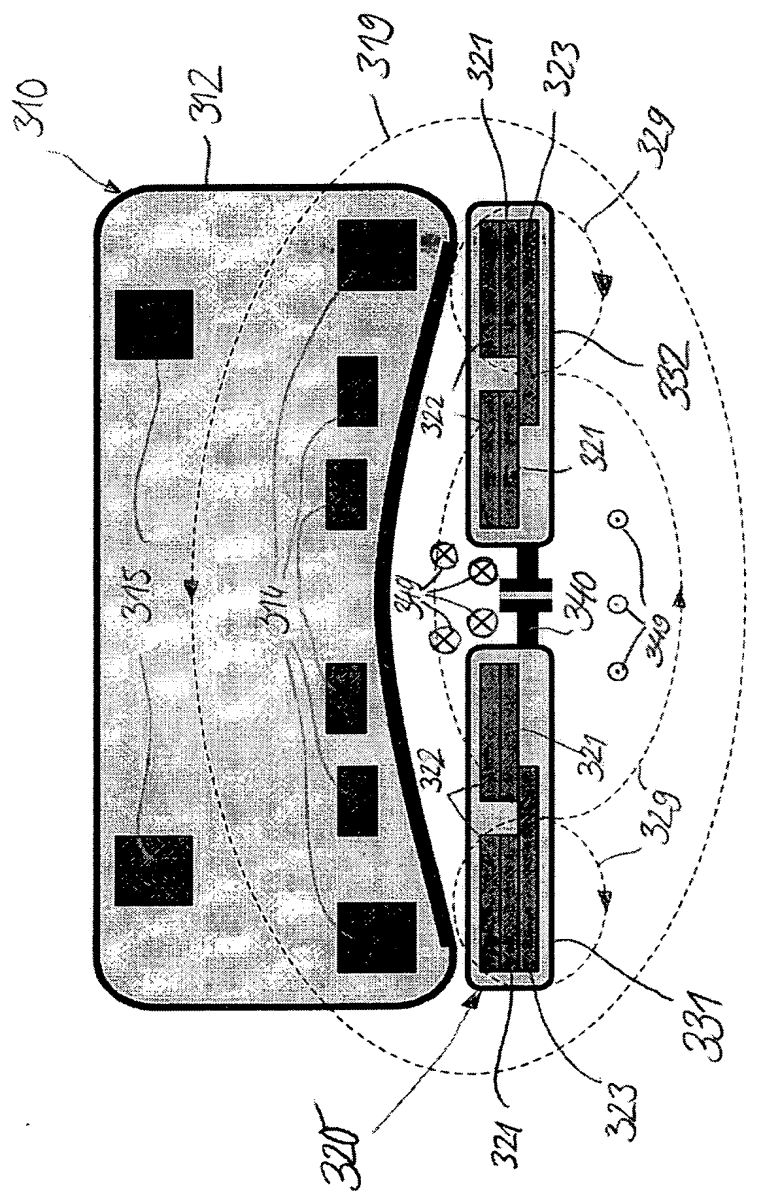


FIG 3

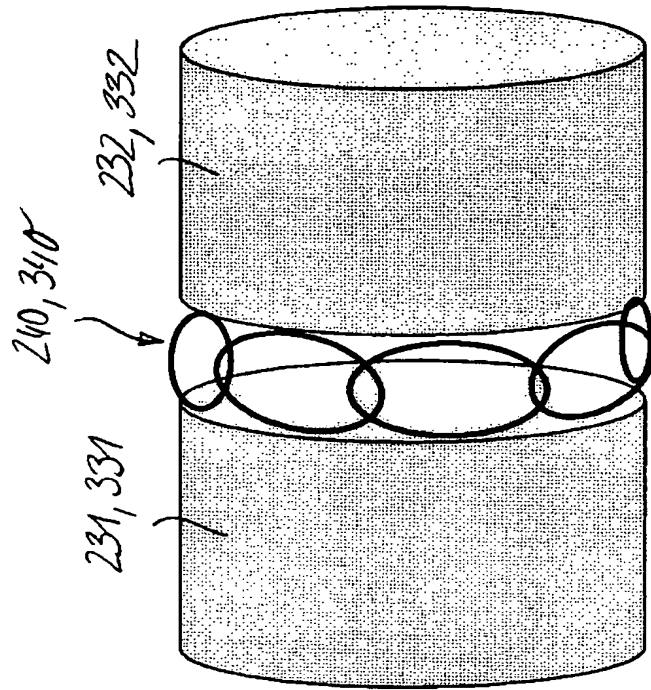


FIG 5

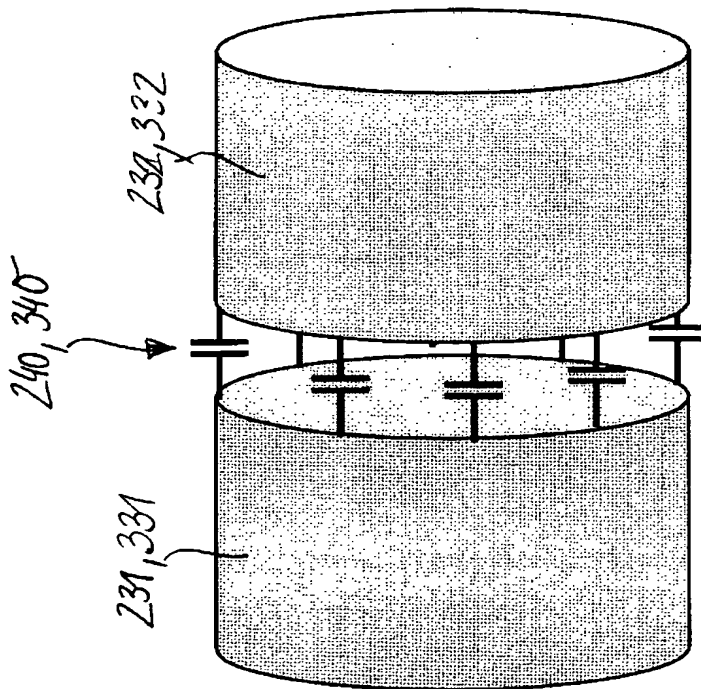


FIG 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.